

ION PLATING METHOD

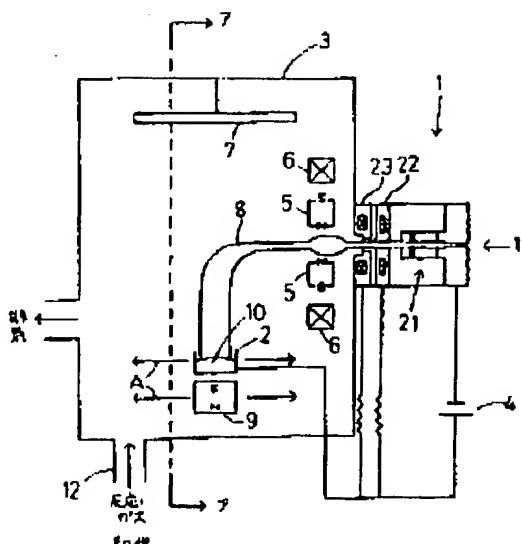
Patent number: JP2101160
Publication date: 1990-04-12
Inventor: KOJIMA HIROSHI others: 03
Applicant: ASAHI GLASS CO LTD
Classification:
 - international: C23C14/32
 - european:
Application number: JP19880250924 19881006
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2101160

PURPOSE: To efficiently and uniformly form a high-quality thin film over a large area by deforming arc discharge plasma flow to a sheet shape by a magnetic field, then further bending the plasma flow by the magnetic field of a permanent magnet so as to introduce this plasma flow onto a hearth.

CONSTITUTION: A DC power source 4 for plasma generation is impressed between an arc discharge plasma flow source 1 and an anode (hearth) 2 to execute arc discharge, by which high-density plasma flow is formed. This plasma flow is drawn out of an air core coil 6 into a vacuum chamber 3 and is deformed to the sheet plasma 8 by a pair of the permanent magnets 5. The sheet plasma 8 is bent about 90 deg. and is focused to the hearth 2 by the magnetic field of the permanent magnet 9 installed under the hearth 2 to evaporate the evaporating raw material 10 in the hearth 2 and to form the film on a substrate 7. The permanent magnet 9 is formed to at least the same length as the length of the hearth 2 in the transverse direction of the sheet plasma 8 at this time. The permanent magnet 9 and the hearth 2 are formed to at least the same length as the length of the base body 7 in the transverse direction of the sheet plasma 8.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-101160

⑬ Int. Cl.⁹
C 23 C 14/32

識別記号 庁内整理番号
8520-4K

⑭ 公開 平成2年(1990)4月12日

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全10頁)

⑮ 発明の名称 イオンブレーティング方法

⑯ 特 願 昭63-250924

⑰ 出 願 昭63(1988)10月6日

⑱ 発 明 者	小 島	啓 史	神奈川県横浜市保土ヶ谷区新井町383-21
⑱ 発 明 者	尾 山	卓 司	神奈川県横浜市神奈川区三枚町543
⑱ 発 明 者	鈴 木	巧 一	神奈川県横浜市旭区若葉台4-6-502
⑱ 発 明 者	橋 本	直 樹	神奈川県横浜市鶴見区鰐形坂20-3
⑲ 出 願 人	旭硝子株式会社		東京都千代田区丸の内2丁目1番2号
⑳ 代 理 人	弁理士 梅村 繁郎		外1名

明 細 書

1. 発明の名称

イオンブレーティング方法

2. 特許請求の範囲

1. アーク放電によって発生したアーク放電プラズマ流を磁界を加えてシート状に変形し、該シート状プラズマの下方に置かれた蒸発原料ハースの下に上記シート状プラズマの幅方向に細長い永久磁石を置き、かかる永久磁石による磁界によって上記シート状プラズマを曲げて上記蒸発原料ハース上に導き、蒸発原料を蒸発させ、該蒸発原料の上方に置かれた基体上に被膜を形成することを特徴とするイオンブレーティング方法。

2. 蒸発原料ハースが単一または複数のハースから構成され、全体としてシートプラズマの幅方向に細長い形状を有し、該蒸発原料ハースの下に永久磁石が、シートプラズマの幅方向において、該蒸発原料ハースと少なくとも

同じ長さを有することを特徴とする請求項1記載のイオンブレーティング方法。

3. 蒸発原料ハース及びその下の永久磁石が、被膜が形成される基体のシートプラズマの幅方向の長さとは少なくとも同じ長さを有していることを特徴とする請求項1記載のイオンブレーティング方法。

4. 蒸発原料ハース及びその下の永久磁石を、基体と平行な面内で基体と相対的に移動させて、被処理物に均一な薄膜を形成することを特徴とする請求項1～3いずれか1項記載のイオンブレーティング方法。

5. 蒸発原料ハース及びその下の永久磁石を互いに相対的に移動させることを特徴とする請求項1～4いずれか1項記載のイオンブレーティング方法。

6. 蒸発原料ハース及び被膜を形成する基体を真空室内に配置し、細長い永久磁石を真空室の外側で上記蒸発原料ハースの下方に配置してイオンブレーティングを行なうことによ



り、上記永久磁石の種類を真空室外で所望に応じ交換できるようにしたことを特徴とする請求項1〜5いずれか1項記載のイオンプレーティング方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、複合陰極型プラズマガンから発生したプラズマを用いて、効率的に高品質の薄膜を、均一に大面積で形成するのに有効なイオンプレーティング方法に関するものである。

〔従来の技術〕

従来より、光学薄膜、装飾用等に真空蒸着は広く使われている。さらに、真空蒸着内にホローカソード、高周波励起を導入してグロー放電を起こし、膜質の改善を行なうイオンプレーティングという技術も知られている。しかしながら、これらの方法で、建築用ビルの窓ガラス、自動車用ガラス等の大面積基板に効率よく、高品質の膜を蒸着するには問題があった。例えば、ホローカソード法では、カソード部がプラ

ズマにさらされるため、溶解したり変形等により、安定した連続蒸着が難しかった。また、イオンがカソード側に逆流する可能性もあり、長時間大電力放電を行なうには難点があった。高周波法では放電を起こすのにリング状のアンテナ等を用い、かつ、バイアスをかけるために基板側に金属板等を配置する必要もあり、大面積に均一な放電領域を作るのが難しく、しかも、放電は真空槽内のガス圧力に影響されるために、放電が不安定であり、大面積基板に均一に連続して安定な蒸着を高速で行なうことは難しかった。

〔発明の解決しようとする課題〕

上述のように、従来のホローカソードや、高周波励起を導入したイオンプレーティング法では、大面積で均一な薄膜を形成することは極めて難しいという問題を有していた。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は上述の欠点を解消することを目的としてなされたものであって、アーク放電によっ

3

て発生したアーク放電プラズマ流を磁界を加えてシート状に変形し、該シート状プラズマの下方に置かれた蒸発原料ハースの下に上記シート状プラズマの幅方向に細長い永久磁石を置き、かかる永久磁石による磁界によって上記シート状プラズマを曲げて上記蒸発原料に導き、蒸発原料を蒸発させ、該蒸発原料の上方に置かれた基体上に被膜を形成することを特徴とするイオンプレーティング方法を提供するものである。

以下、本発明を詳細に説明する。

第1図は本発明の方法によってイオンプレーティングを行なうために用いる装置の一例の基本的構成を示す模式図である。第1図は、被膜が形成される基体を固定した場合の例である。

第2図は第1図のアーア断面図である。

本発明においては、アーク放電によるプラズマ流を用いる。かかるアーク放電プラズマ流は、アーク放電プラズマ流発生源1とアノード（ハース）2の間で、プラズマ発生用直流電源4を印加してアーク放電を行うことで生成され

4

る。

かかるアーク放電プラズマ流発生源1としては、複合陰極型プラズマ発生装置、又は、圧力勾配型プラズマ発生装置、又は両者を組み合わせたプラズマ発生装置が好ましい。このようなプラズマ発生装置については、真空第25巻第10号（1982年発行）に記載されている。

複合陰極型プラズマ発生装置とは、熱容量の小さい補助陰極と、LaB₆からなる主陰極とを有し、該補助陰極に初期放電を集中させ、それを利用して主陰極LaB₆を加熱し、主陰極LaB₆が最終陰極としてアーク放電を行うようにしたプラズマ発生装置である。例えば第3図のような装置が挙げられる。補助陰極としてはW、Ta、Moなどの高融点金属のコイル又はパイプ状のものが挙げられる。

このような複合陰極型プラズマ発生装置においては、熱容量の小さな補助陰極52を集中的に初期放電で加熱し、初期陰極として動作させ、間接的にLaB₆の主陰極51を加熱し、最終的には

LaB₆の主陰極51によるアーク放電へと移行させる方式であるので、補助陰極52が2500℃以上の高温になって寿命に影響する以前にLaB₆の主陰極51が1500℃～1800℃に加熱され、大電子流放出可能になり、補助陰極52のそれ以上の温度上昇が避けられるという点が大きな利点である。

又、圧力勾配型プラズマ発生装置とは、陰極と陽極の間に中間電極を介在させ、陰極領域を1 Torr程度に、そして陽極領域を 10^{-2} Torr程度に保って放電を行うものであり、陽極領域からのイオン逆流による陰極の損傷がない上に、中間電極のない放電形式のものと比較して、放電電子流をつくりだすためのキャリアガスのガス効率が飛躍的に高く、大電流放電が可能であるという利点を有している。

複合陰極型プラズマ発生装置と、圧力勾配型プラズマ発生装置とは、それぞれ上記のような利点を有しており、両者を組み合わせたプラズマ発生装置、即ち、陰極として複合陰極を用いると共に中間電極も配したプラズマ発生装置

は、上記利点を同時に得ることができるので本発明のアーク放電プラズマ流発生源1として大変好ましい。

第1図にはアーク放電プラズマ発生源1として、第3図に示したような複合陰極21と、環状永久磁石を含む第1中間電極22、空芯コイルを含む第2中間電極を有する第2中間電極23を有するものを用いた場合を示した。

本発明においては、アノード（ハース）2をプラズマ発生源1の下方に位置するように配置し、空芯コイル6によって発生するプラズマ発生源1から発生したアーク放電による高密度のプラズマ流を真空室3に引き出す。さらに、引き出したプラズマをシート状にするために、一対の永久磁石5をN極面を対向させてプラズマをハース2と基体7方向から挟み、かつ、永久磁石のN極、あるいは、S極面をハース2面、あるいは、被膜を形成する基体7面と平行になるように配置し、プラズマをハース2、あるいは基体7と平行な方向におしつ

7

し、シートプラズマ8を形成する。

第1図において、一対の永久磁石5によってシート状に変形されたシートプラズマ8は、第1図の上から下方向の厚さ及び第1図に垂直な方向に第2図に示したような幅を有している。

かかるシートプラズマ8はハース2の下に置かれた永久磁石9のつくる磁場によって約90°で曲げられ、ハース2に集束し、ハース2内の蒸発原料10を蒸発させ、蒸発した粒子がハース2の上方に置かれた基体7上に付着して被膜が形成される。

本発明においては、永久磁石9は第2図に示したように、シートプラズマ8の幅方向において、ハース2と少なくとも同じ長さを有していることが好ましい。ハース2内の蒸発原料上にまんべんなくシートプラズマ8が入射し、蒸発原料を有効に用いることができるからである。

又、本発明においては、永久磁石9及びハース2は、第2図に示したようにシートプラズマ8の幅方向において、基体7と少なくとも同じ

8

長さを有していることが好ましい。ハース2から蒸発した蒸発原料が、シートプラズマの幅方向で、基体7上にまんべんなく、可及的に均一に付着できるからである。

又、本発明において、ハース2及び永久磁石9は第1図の矢印A方向、即ち、基体7と平行な面内で並進運動をさせるとシートプラズマの幅と垂直な方向において、基体7にハース2から蒸発した蒸発原料が均一に付着し、基体7のハース2の真上の部分と、離れた部分とで膜厚が不均一になることを可及的に防止できるので、大変好ましい。

又、本発明において、例えば第5図のように、ハース2より細い永久磁石9を用い、第5図矢印Bのようにハース2に対して相対的に永久磁石9を移動させハース2に均一にプラズマが入射するように操作することもできる。こうすることによって、蒸発原料の使用効率が増大する。特に蒸発原料が金属酸化物等の高価な材料の場合は、特に有効である。この操作は、上

記第1図の矢印Aの並進運動と組み合わせて行なうこともできる。

又、第7図のように、蒸発原料ハース2及び被膜を形成する基体7を真空室3内に配置し、細長い矩形状の永久磁石9を真空室3の外側かつ蒸発原料ハース2の下方に配置してイオンプレーティングを行なうこともできる。この場合、真空室3の底面の蒸発原料ハース2と永久磁石9の間に挟まれた部分は、磁界を遮蔽しない材質で構成されていることが必要である。以上のようにすることによって、真空室3の底面を介して、シートプラズマ8の幅、厚さ、プラズマ密度等を、永久磁石9を変えることによって、所望に応じ、真空室外でコントロールすることができる。シートプラズマの幅、長さ、プラズマ密度は、蒸発原料2、永久磁石9、アーク放電プラズマ流発生源1に印加されるパワー等によって変化するが、このうち、永久磁石9の形状、磁力の強度を自由に変化させることができれば、十分なシートプラズマのコントロー

ルが可能となる。上述したように、永久磁石9を真空室3外に配置するようにすれば、真空室3内を変えずに、永久磁石9の種類、形状を変えたり、永久磁石9と蒸発原料ハース2との距離を変化させたりすることが可能となる。これは、異種材料の膜の多層化、及び、連続生産のための安定化に大きく寄与する。

又、放電用ガス導入口11からは、放電用ガスが導入される。又、真空室3は、排気手段によって 10^{-4} Torr程度又はそれ以下に保たれることが望ましい。

本発明において用いられる蒸発原料10としては、金属、合金、これらの酸化物、碳化物、炭化物、珪化物、窒化物あるいはこれらのうち1又は2種類以上を含む混合物からなるタブレットが使用でき、特に限定されるものではないが、金属酸化物膜を形成する場合には、金属酸化物タブレットを用いると、製膜条件の制御が容易で良質の膜が得られるので好ましい。特に、錫を含む酸化インジウム膜を形成する場合

1 1

には、非常に低抵抗の膜が得られるという理由から錫を5～10重量%含む酸化インジウムのタブレットが好ましい。

又、本発明においては、ガス導入口11から真空室3へ導入される放電用ガスとしては、特に限定されないが、Ar、Heなどの不活性ガスが好ましい。又、真空室3内のガス雰囲気は、かかるArなどの不活性ガスの他に、真空室3に設けられたガス導入手段12により、反応ガスとして O_2 、 N_2 などを、0～50体積%添加してもよい。

本発明において薄膜を形成する基体7としては、ガラス、プラスチック、金属からなる基体やフィルムなどが使用でき、特に限定されるものではないが、本発明の方法では、特に基体を加熱しなくても高品質の膜が得られるので、耐熱性の低いもの、例えば、プラスチックからなる基板又はフィルムあるいはあらかじめ有機高分子膜を有するガラス板、例えば、カラーフィルター膜を有する液晶カラーディスプレイ用ガラス基板などにも十分に適用できる。

1 3

1 2

又、本発明において基体7上に形成される薄膜としては、金属膜、合金膜、金属の酸化物、窒化物、碳化物、珪化物、炭化物あるいはこれらのうち1又は2種類以上を含む混合物からなる薄膜等が形成でき、特に限定されるものではないが、本発明の方法は、低抵抗で高透過率の透明導電膜を得るのに最適である。かかる透明導電膜としては、錫を含む酸化インジウム膜、アンチモンを含む酸化錫膜、アルミニウムを含む酸化亜鉛膜等が好適な例として挙げられる。本発明の方法は、液晶表示素子等のディスプレイ用の透明電極、太陽電池等の電極、熱線反射ガラス、電磁遮蔽ガラス、低放射率(Low-Emissivity)ガラス等の製造にも適用できる。本発明において、製膜中、基体7は静止していても良いし、搬送されても良い。特に、第1図において左から右、または右から左、即ち、第2図において紙面の手前から裏側へ垂直に向かう方向、又は、裏側から手前へ垂直に向かう方向に搬送しながら、被膜形成を行なうと、シートブ

1 4

ラズマの幅方向に均一な膜を連続して形成することができるので好ましい。

本発明においては、アーク放電プラズマ発生源 1 に印加する直流電源 4 や、プラズマ流をシート状に変形する永久磁石 5 の長さ、磁力の強度等を調整すれば、厚さ 0.5 ~ 3 cm、幅 10 ~ 50 cm 程度のシートプラズマを容易に形成でき、又、永久磁石 9 の長さ、磁力の強度等を変えることにより、ハース 2 上へのシートプラズマの幅、及びプラズマの形状、密度を変えることができる。

さらに、第 4 図のように、2 以上のプラズマ発生源 1 から発生したプラズマを磁場手段（具体的には、第 4 図においては永久磁石 5）によってシート状に変形したシートプラズマを同一平面内に隣接させて大面積のシートプラズマを形成し、その下方に置かれたハース 2 上へ曲げて蒸発させるようにすることもできる。第 4 図は、第 1 図のような装置を 3 つ隣接させた場合を第 1 図の上から下へ向かって見た所を示す図

1 5

厚分布が問題となっていたが、本発明のようにシートプラズマを用いることにより、大きく改善される。

又、第 6 図のように、複数のハースを設け、異なる蒸発原料 10A, 10B, 10C を入れてイオンブレーティングを行なうこともできる。第 6 図において、各ハース 2A, 2B, 2C、及び永久磁石 9A, 9B, 9C はそれぞれ、第 2 図のように基体 7 と少なくとも同じ幅を有していることが望ましい。スイッチ 13A, 13B, 13C を所望により選択して 1 種または 2 種以上の組成からなる膜を基体 7 上形成することができる。第 6 図はスイッチ 13B のみを ON にし、蒸発原料 10B 上に集中的にシートプラズマ 8 を収束させて、蒸発原料 10B を蒸発させて被膜形成を行なう場合を示している。特にインライン型の装置においては、蒸発原料の種類を変えるためのジョブチェンジが不要となり、大幅なコストダウンが可能となる。又、スイッチのうち 2 つ以上を ON にし、直流電源 4A, 4B, 4C に所望のパワーを投入することによ

1 7

である。このように複数のシートプラズマを隣接させる場合、永久磁石 5 による、シートプラズマの幅方向の磁場成分 B_z の対称性を保つために、複数の永久磁石 5 を結ぶ線の延長線上、かつシートプラズマの両端の外側には、もう一組ずつの永久磁石 15 を配する必要がある。

ハース 2 は、第 4 図のように細長いものの一個でもよいし、異なる蒸発材料を有する複数の比較的短いハースからなるものであっても良い。どちらの場合も、薄膜が形成される基体は静止していてもよいし、搬送してもよい。この場合矢印 C 方向に基体を搬送すると、大面積の薄膜が非常に均一に高速で製膜できる。

また、第 1 図のような成膜装置をインライン型成膜装置の一部に組み込むことにより、スパック膜、蒸着膜等の他の成膜装置との組み合わせによって多層膜を連続生産することも可能である。多層膜を形成する場合に、多層の材料を最も適した方法により、成膜することが重要になっており、特に大面積の場合に蒸着法では膜

1 6

り、対応する蒸発原料に入射するシートプラズマの密度を調整し、蒸発速度を制御し、多成分の膜の組成を制御して形成することもできる。ハース 2A, 2B, 2C の厚み（第 6 図の左右方向の長さ）を小さくして多種類のハースを互いに近接させれば、特定の組成の多成分からなる膜を均一に形成できる。特に、基体 7 を矢印 D または D' 方向に搬送すると、より好ましい。

本発明においては、3000 ~ 10000 A/min 程度の成膜速度が得られ、従来のイオンブレーティング法に比べ非常に高速で良質の膜が成膜できる。

例えば、銅を含む酸化インジウムの蒸発原料として ITO 膜を成膜する場合、5000 A/min 程度の成膜速度で比抵抗 $3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下の低抵抗の ITO 膜が得られる。

〔作用〕

本発明において、使用されるシートプラズマは、アーク放電を利用しているため、従来のマグネトロンスパックやイオンブレーティングに

1 8

利用されているグロー放電型プラズマに比べて、プラズマの密度が50～100倍高く、ガスの電離度は数十%となり、イオン密度、電子密度、中性活性種密度も非常に高い。このような高密度のプラズマを蒸発原料上に収束させることで、蒸発原料から非常に多数の粒子を取り出すことが可能となり、従来のイオンプレーティング法に比較して3～10倍の高速成膜を表現できる。更に、酸素、アルゴンなどの雰囲気ガスの多くは、反応性の高いイオンや中性の活性状態を取り、加えて蒸発した粒子も基板に到達する前に、高密度のシートプラズマの中を通り、反応性の高い中性の活性種となる。その結果、基板上での反応性が高まり、基板加熱がなくとも、比抵抗の低い透明導電膜が従来よりも高速の成膜速度で実現できる。

【実施例】

基板7として、ガラス板を用い、蒸着物としては導電性酸化物のITO膜を以下の方法で蒸着した。先ず真空室3の真空度を 2×10^{-4} Torr

まで引き、その後0.1ガスを導入して 4.0×10^{-4} Torrにし、第3図に示したような複合陰極を有する第1図のようなプラズマ発生装置を用いて、直流電源4を250A, 70Vに設定しアーク放電を行なった。ハース2と基板7間距離約60cmとし、基板固定で行なった。膜厚14800Å、比抵抗 $3.05 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 、可視光透過率70%（基板ガラス92%）の膜を得た。これは成膜速度5000Å/minであり、EBガンなどによる方法に比べて極めて早い。基板無加熱で行なった蒸着としては比抵抗もかなり低いものが得られた。

【発明の効果】

本発明は、種々の化合物の薄膜を基板加熱することなく、高速で、しかも高品質のものを成膜することが可能である。又、薄膜の種類に応じて最適なプラズマ流を発生させることが可能なので、最速の膜を形成することができる。即ち、シートプラズマの幅を広げることにより、大面積基板のものに対しては、基体7上の膜厚分布を小さくすることができ、逆に永久磁石9

19

として小さなものを用いてシートプラズマを小さく点状にすることによりハース2上での集中度を増し、蒸発しにくい材料を容易に蒸発できるようにすることもできる。

又、本発明においては、ハース2および磁石9を並進移動することにより、更に大面積における膜厚分布を向上させることが可能となり、ハース2を複数設けて大面積で多層膜への応用も可能となる。

さらに、ハース2と永久磁石9を相対的に移動することによって、ハース内の蒸発物質10の利用効率を非常に向上させることができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によってイオンプレーティングを行なうために用いる装置の一例の基本的構成を示す模式図、第2図は第1図のアーノード断面図、第3図は本発明において用いるアーク放電プラズマ発生装置の陰極としての複合陰極の一例の断面図、第4図はシートプラズマを隣接させた大面積シートプラズマを用いる場合の模式

20

図、第5図はハースと永久磁石を相対的に移動させる場合の模式的説明図、第6図は、複数のハースを設けた場合の模式的説明図である。

1: アーク放電プラズマ流発生源

2: ハース (アノード)

3: 真空室

4: プラズマ発生用直流電源

5: 永久磁石

6: 空芯コイル

7: 基体

8: シートプラズマ

9: 永久磁石

10: 蒸発原料

11: 放電用ガス導入口

12: 反応ガス導入口

13: スイッチ

21: 複合陰極

22: 環状永久磁石内蔵第1中間電極

23: 空芯コイル内蔵第2中間電極

51: LaB₆主陰極

21

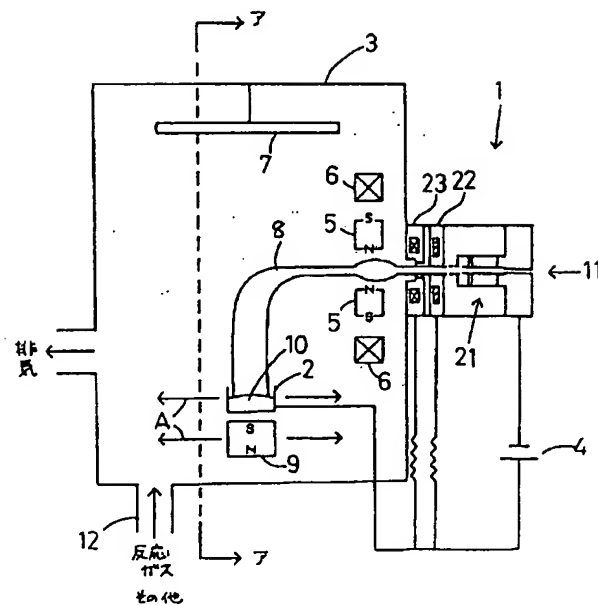
22

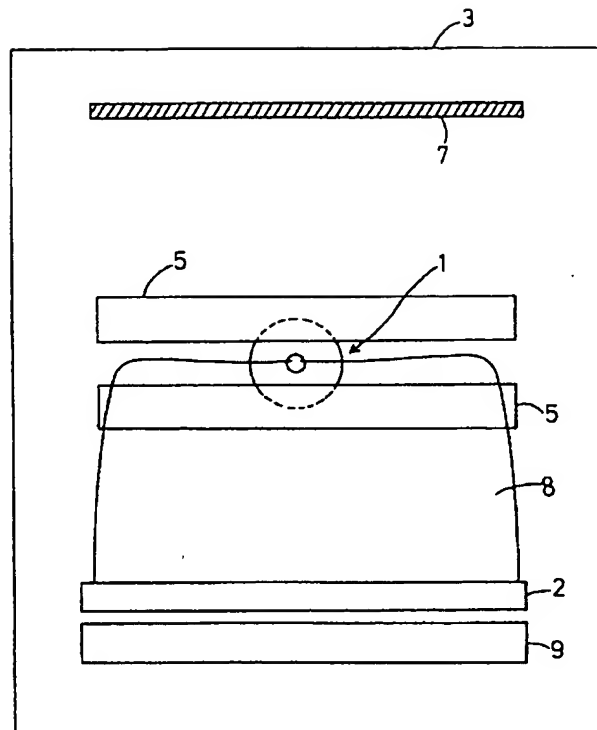
- 52: Taパイプの補助陰極
- 53: 陰極を保護するためのWからなる円板
- 54: Moからなる円筒
- 55: Moからなる円板状の熱シールド
- 56: 冷却水
- 57: ステンレスからなる陰極支持台
- 58: ガス導入口

代理人 母村繁郎 外 1 名

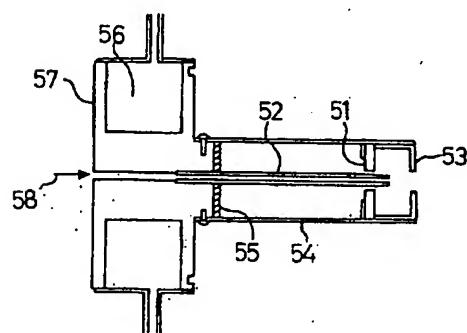
2 3

第 1 図



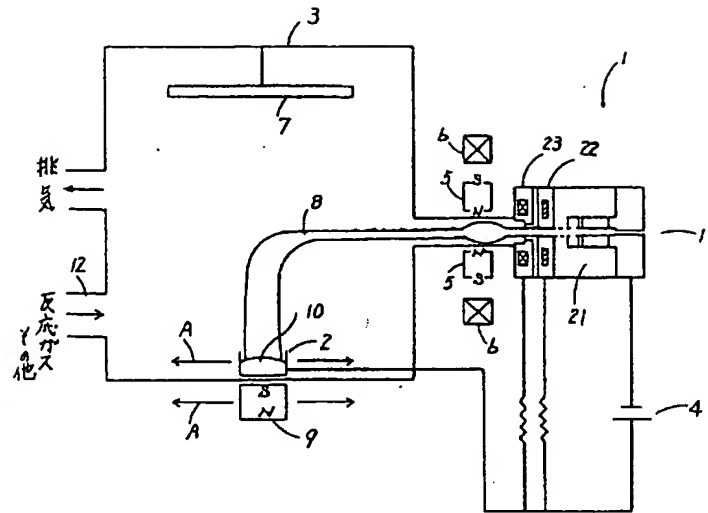


第 2 図



第 3 図

第 7 図



手続補正書 (方式)

平成 1 年 2 月 28 日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

昭和 63 年特許願第 250924 号

2. 発明の名称

イオンプレーティング方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 2 号

名 称 (004) 旭硝子株式会社

4. 代理人

〒105

住 所 東京都港区虎ノ門一丁目 11 番 7 号

氏 名 弁理士 (6864) 梶 村 繁 郎 ほか 1 名

5. 補正命令の日付

平成 1 年 1 月 31 日 (発送日)

6. 補正の対象

(1) 明細書の図面の簡単な説明の欄

7. 補正の内容

(1) 明細書第 22 頁第 3 行目「……模式的説明図である。」を「……模式的説明図、第 7 図は、本発明によってイオンプレーティングを行なうための装置の別の一例の基本構成を示す模式図である。」と補正する。

方式
審査

大
綱



以 上

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.